

⑤ Int. Cl.⁵G 02 B 7/02
3/00
6/42

識別記号

A
Z

庁内整理番号

7448-2H
7036-2H
7132-2H

⑬ 公開 平成3年(1991)7月19日

審査請求 未請求 請求項の数 7 (全9頁)

⑭ 発明の名称 金属ホルダ付きモールドレンズ及びその製造方法並びに上記レンズ
を備えた光半導体モジュール

⑮ 特 願 平1-306721

⑯ 出 願 平1(1989)11月28日

⑰ 発 明 者 尾 中 寛 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内
⑰ 発 明 者 高 田 敏 弘 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内
⑱ 出 願 人 富 士 通 株 式 会 社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
⑲ 代 理 人 弁 理 士 松 本 昂

明 細 書

1. 発明の名称

金属ホルダ付きモールドレンズ及び
その製造方法並びに上記レンズを備
えた光半導体モジュール

2. 特許請求の範囲

1. 加熱して軟化したガラスを金型(2,4) によ
りプレスして上記金型(2,4) の表面形状の一部を
ガラスに転写するようにしたモールドレンズの製
造方法において、

円環状の金属ホルダ(6) をその中心線が上記金
型(2,4) によるプレス方向と概略平行になるよう
に上記金型(2,4) 間のガラスの周囲に配置してお
き、

プレスにより押し出されたガラスが上記金属ホ
ルダ(6) の内周に密着するようにしたことを特徴
とする金属ホルダ付きモールドレンズの製造方法。

2. 上記金属ホルダ(6) の内周には軟化したガ

ラスとの密着面積を増大させるための凹凸が形成
されていることを特徴とする請求項1に記載の金
属ホルダ付きモールドレンズの製造方法。

3. 軟化したガラスが上記金属ホルダ(6) の内
周を円周方向に略等分割した位置近傍の部分にお
いてのみ上記金属ホルダ(6) に密着するようにし
たことを特徴とする請求項1又は2に記載の金属
ホルダ付きモールドレンズの製造方法。

4. 加熱して軟化したガラスを金型によりプレ
スして上記金型の表面形状の一部をガラスに転写
するようにしたモールドレンズの製造方法におい
て、

プレスにより押し出されたガラスが充填される
窪み(28) が形成された金属ホルダ(26) を上記金型
間のガラスの側方に配置しておくことを特徴とす
る金属ホルダ付きモールドレンズの製造方法。

5. 請求項1乃至4のいずれかに記載の方法に
より製造された金属ホルダ付きモールドレンズ。

6. 光半導体素子と、光ファイバと、該光半導
体素子及び光ファイバを光学的に結合する単一又

は複数のレンズと、これら光半導体素子、光ファイバ及びレンズを所定の位置関係で固定保持する、金属部分を有するフレームとを備えた光半導体モジュールにおいて、

上記レンズ又はその一部は請求項5に記載の金属ホルダ付きモールドレンズであり、

該金属ホルダ付きモールドレンズは、その金属ホルダを上記フレームの金属部分にレーザ溶接固定されていることを特徴とする光半導体モジュール。

7. 請求項6に記載の光半導体モジュールにおいて、

上記光ファイバの端面は該光ファイバの中心線に対して斜めに形成されており、

上記光ファイバの入射光軸又は出射光軸は上記光半導体素子及びレンズの光軸に一致するようにされていることを特徴とする光半導体モジュール。

において、円環状の金属ホルダをその中心線が上記金型によるプレス方向と概略平行になるように上記金型間のガラスの周囲に配置しておき、プレスにより押し出されたガラスが上記金属ホルダの内周に密着するようにして構成する。

産業上の利用分野

本発明は金属ホルダ付きモールドレンズ及びその製造方法並びに上記レンズを備えた光半導体モジュールに関する。ここで、光半導体モジュールとは、半導体レーザ等の発光系の光半導体素子から放射された光を有効に光ファイバに入射させるために、或いは、光ファイバから出射した光をフォトダイオード等の受光系の光半導体素子の受光面に有効に入射させるために、光半導体素子と光ファイバとこれらの光学的結合をなすためのレンズ系とを所定の位置関係で固定保持してなる光学的・電氣的な装置をいう。以下、説明の便宜上、本発明を半導体レーザモジュール（LDモジュール）に適用する場合について説明するが、本発明

3. 発明の詳細な説明

目次

概 要

産業上の利用分野

従来の技術

発明が解決しようとする課題

課題を解決するための手段及び作用

実 施 例

発明の効果

概 要

金属ホルダ付きモールドレンズ及びその製造方法並びに上記レンズを備えた光半導体モジュールに関し、

主として光結合効率が高い光半導体モジュールに適した金属ホルダ付きレンズを提供することを目的とし、

例えば、加熱して軟化したガラスを金型によりプレスして上記金型の表面形状の一部をガラスに転写するようにしたモールドレンズの製造方法に

はこれに限定されるものではない。

次世代の光通信システムにおいては、毎秒数十億ビット以上の高速信号を長距離伝送したり、信号光を分岐して多数の受信者に分配する等のサービスが考えられており、大出力（例えば10mW以上）の半導体レーザモジュールが要求されている。また、最近注目を集めている光増幅器を備えたモジュールにおいても、半導体レーザ型の光増幅器と光ファイバとの光結合或いは希土類ドープファイバ（Er等の希土類元素がコアにドープされている光ファイバ）を利用した光増幅器における励起光源と光ファイバとの光結合等に高い効率が要求されている。これらのシステムにおいては、光結合効率が通信システムの性能を直接左右するので、半導体レーザと光ファイバの光結合効率の向上は大きな技術課題になっている。

従来の技術

従来の半導体レーザモジュールにおいては、微小な球レンズや分布屈折率型のレンズを用いて半

導体レーザから放射された光を集光し、これを光ファイバに入射させるようにしていた。しかし、レンズの収差等の影響によって光結合効率は必ずしも高くなく、実際に光ファイバに入射する光は半導体レーザから放射された光の20～40%程度であり、半分以上の光を無駄にしていることになる。その結果得られる光出力も3～5mW程度であり、十分ではなかった。

最近、非球面ガラスモールドレンズを光半導体モジュール用の結合レンズとして用いることで高い光結合効率を達成しようとする試みが行われている。この種のレンズは光ディスク用の対物レンズとして従来から実用化が試みられている。ガラスモールドレンズを光半導体モジュール用として用いるには、形状が大きい、焦点距離が長い、NA（開口数）が小さい等の問題があったが、極最近では金型の加工・計測技術が進み、光通信に適用することができる程度の仕様（例えば、直径が2mm、焦点距離が1mm、NA=0.55以上）が得られるようになってきた。このモールドレンズ

の製造方法は、基本的には精密な金型の中にガラス材を入れてプレスして金型形状をガラスに転写するという僅か1工程のものであり、極めて量産性に富んでいる。また、レンズ形状が非球面形状であるので、レンズの受光角度を広くすることができ、しかも、収差を小さく押さえることができるので、微小球レンズや分布屈折率レンズを用いた場合と比較して2倍以上（70～80%）の光結合効率が得られることが実証されている。

発明が解決しようとする課題

一般に、光結合用レンズを半導体レーザモジュール用として使用する場合には、組立時に半導体レーザ、レンズ及び光ファイバの相対的な位置関係を1μm以下の精度で調整する必要がある。また、固定後の位置ずれは経年変化も含めて0.1～0.2μm程度に抑えておかないと、光出力が変動してしまう。半導体レーザは放熱板としての機能と電気信号のアースの機能とを兼ね備えた金属製キャリア上に設置されている。また、レンズ

は、例えば円筒形状の金属ホルダ内に固定されている。そして、上記金属製キャリアと金属ホルダとを溶接固定することによって、半導体レーザと光ファイバの所定位置関係での固定保持を図っている。金属同士の固定部分の寸法精度については上記精度を比較的容易に満足することができるが、金属ホルダとガラスレンズという異種の素材間の固定部分については寸法精度等の面で種々の問題があった。以下に従来の手法とその問題点を示す。

- (a) レンズを金属ホルダ内に圧入する方法
- (b) レンズ側面をメタライズして金属ホルダと半田固定する方法
- (c) 低融点ガラス材を用いて融着固定する方法
- (d) 接着材を用いて固定する方法

(a)の方法は金属ホルダの内径をレンズ外径と同じか少し小さめにしておき、金属ホルダを加熱して熱膨張させ、レンズに圧力をかけて押し込み、冷却して固定する方法であり、レンズ側面に加わる応力を用いて固定するものである。この方法による場合、レンズに応力が加わるために、光弾性

効果により屈折率が不均一になり、レンズの光学特性が劣化することがある。従来の球レンズ等を用いた場合には、光結合効率が低いレベルにあるので、圧入による顕著な特性劣化は見られなかったが、非球面ガラスモールドレンズである場合には、圧入による残留応力が大きいと光結合効率が低下してしまう。

(b)の方法は分布屈折率レンズを使用する際によく用いられる方法である。分布屈折率レンズの側面へのメタライズは、レンズ母材を切断する前に行うことができるが、モールドレンズは個々にプレス成型されるので、個々のモールドレンズについて側方のみへメタライズを施す必要があり、著しく生産性が悪い。

(c)の方法は、レンズと金属ホルダ間に融着材を介在させてこれらを400℃以上の高温に10～30分程度放置して融着材を軟化させ、その後徐冷して融着材を固化させる方法である。この方法であると、レンズを長時間高温にしておく必要があるため、レンズが変形し或いは屈折率が不均一

になり、レンズの光学特性が劣化する恐れがある。

(d)の接着剤による方法は、固化した接着剤の線熱膨張係数が大きいので、固定後の温度変動等に対する信頼性が低い。また、固化した接着剤から放出される有害ガスの影響によって、半導体レーザーの出力特性が劣化することがある。

以上説明したように、従来の固定方法のいずれをモールドレンズに適用したとしても、光結合効率が高いレベルで安定した光半導体モジュールを提供することは困難である。

本発明はこのような事情に鑑みて創作されたもので、光結合効率が高い光半導体モジュールに適した金属ホルダ付きモールドレンズを提供することを目的としている。本発明の他の目的は前述した技術的課題及び以下の説明から明らかになる。

課題を解決するための手段及び作用

第1図は発明の原理説明図である。

本発明の金属ホルダ付きモールドレンズの製造方法は、加熱して軟化したガラスを金型2、4に

材が不要になり、線熱膨張係数のマッチングを行うべき素材を少なくすることができる。

また、従来方法の(c)に示したようにレンズ形成後に再度高温状態にする必要がなくなるので、レンズが変形したり屈折率が不均一になったりする恐れがなくなる。

また、金属ホルダの内周に凹凸を形成しておき、軟化したガラスと金属ホルダの密着面積を増大させることによって、固定強度を増大させることができる。金属ホルダの内周に凹凸を形成した固定構造は従来方法によって実現することは事実上不可能であり、モールドレンズの製造方法の特質を利用した本発明方法によって初めて可能になった。金属ホルダの内周に凹凸を形成しておくこと、モールドレンズが破損する場合を除いてモールドレンズが金属ホルダから抜け落ちる恐れはない。

また、モールドレンズと金属ホルダ間に半田、融着材、接着材等が介在しないので、モールドレンズの光軸と金属ホルダの幾何学的な中心軸とを容易に一致させることができるようになり、モジ

よりプレスして上記金型2、4の表面形状の一部をガラスに転写するようにしたモールドレンズの製造方法において、円環状の金属ホルダ6をその中心線が上記金型2、4によるプレス方向と概略平行になるように上記金型2、4間のガラスの周囲に配置しておき、プレスにより押し出されたガラスが上記金属ホルダ6の内周に密着するようにしたものである。第1図において、8は加熱して軟化したガラスを示し、10は金型2、4等に対する加熱手段を示す。

このように、本発明方法は、金型プレスによりモールドレンズを製造するに際して、軟化したガラスがプレス方向と垂直な方向に押し出されるという点に着目して、モールドレンズの製造とモールドレンズの金属ホルダへの固定とを同時に行うようにしたものである。よって、モールドレンズを改めて金属ホルダに固定する必要がなくなり、生産性が向上する。

また、レンズを構成するガラス自体が融着材としても機能するため、従来方法の(c)に示した融着

ジュールの組立工程の無調整化を図る上で有効である。

円環状の金属ホルダ6の中心線が金型2、4によるプレス方向に対してわずかに傾斜するようにしておくことによって、製造された金属ホルダ付きモールドレンズの光軸を金属ホルダ6の中心線に対して傾斜させることができるので、この構成は反射光の悪影響を防止する上で有効である。この場合、非球面レンズのレンズ面を最適設計することによって、光結合効率の低下を抑えることができる。

加熱して軟化したガラスを金型によりプレスして上記金型の表面形状の一部をガラスに転写するようにしたモールドレンズの製造方法において、プレスにより押し出されたガラスが充填される窪みが形成された金属ホルダを上記金型間のガラスの側方に配置しておくことによって、前述した作用と同等の作用が生じる。

本発明の金属ホルダ付きモールドレンズは、これらの2方法のうちのいずれかの方法により製造

された金属ホルダ付きモールドレンズである。

本発明の光半導体モジュールは、光半導体素子と、光ファイバと、該光半導体素子及び光ファイバを光学的に結合する単一又は複数のレンズと、これら光半導体素子、光ファイバ及びレンズを所定の位置関係で固定保持する、金属部分を有するフレームとを備えた光半導体モジュールにおいて、上記レンズ又はその一部（レンズが単一のレンズである場合にはその単一のレンズ、レンズが複数のレンズである場合にはその複数のレンズの全部又は一部）を、本発明に係る金属ホルダ付きモールドレンズとし、この金属ホルダ付きモールドレンズの金属ホルダを、上記フレームの金属部分（光半導体素子が固定されている金属キャリア、モジュールフレーム等）にレーザ溶接固定したものである。

このように本発明に係る金属ホルダ付きモールドレンズを構成要素とする光半導体モジュールにあっては、前述の作用を介して光結合効率を高めて光出力を増大させることが可能になり、しかも、

ト(WC)、炭化珪素(SiC)、窒化珪素(Si₃N₄)等を用いることができるが、モールドレンズのレンズ面の離型性を確保する等の目的で、金型表面に無電解ニッケルその他の金属からなる薄膜を形成しておくことが望ましい。金型のプレス部の構造は、第1図にも示したが、その外周が金属ホルダ6の内周に外接するようなものが望ましい。一方、金属ホルダ6の材質は、ガラス材と的高温融着性、金属キャリアとの溶接特性、及び線熱膨張係数の面から選択される。金属ホルダ6の材質として鉄-ニッケル合金を用いることによって、良好な高温融着性を得ることができる。この場合、ニッケルの含有率を変えることにより線熱膨張係数を調整することができるので、金属ホルダの同係数をモールドレンズの同係数と一致させることができる。固化したガラス材の線熱膨張係数と同等の係数を有する金属ホルダ6の材質を選択するか、或いは、金属ホルダ6の材質の線熱膨張係数と同等の係数を有するガラス材の材質を選択することによって、製造後にレンズに残留す

この光結合効率あるいは光出力を高いレベルで安定に維持することが可能になる。

実施例

以下本発明の実施例を説明する。

第2図は第1実施例を示す金属ホルダ付きモールドレンズの正面図(a)、(b)-(b)線に沿った断面図(b)である。この実施例では、円筒状の金属ホルダ6の内周の軟化ガラス材が密着する部分に円環状の2つの突起12を形成して凹凸形状とし、ガラスとの密着面積を増大させて固定強度の増大を図るとともに、モールドレンズ14が金属ホルダ6から脱落することを防止している。金属ホルダ6と一体化されたモールドレンズ14において、16、18は金型から転写された非球面レンズ面である。

金型の構造及び材質は、プレスされるレンズのガラス材質、形状、要求精度等に応じて決定することができる。金型の材質としては具体的には、白金-ロジウム-金合金、タングステンカーバイ

ドの応力を小さく抑えることができ、しかも、この金属ホルダ付きモールドレンズの使用可能温度範囲が拡大される。モールドレンズに残留している応力が小さくなると、光弾性効果による屈折率の不均一性が生じにくくなり、このレンズの光学特性を高く維持することができるようになる。

第3図に第1実施例の変形例を示す。金属ホルダ6の内周の円周方向に溝20を形成して凹凸とすることによっても、固定強度の増大を図るとともにモールドレンズ14の金属ホルダ6からの脱落を防止することができる。

突起12、溝20は図示はしないがU字型の断面形状にすることによって、応力集中の度合を小さくすることができるので、モールドレンズ14の破損の恐れが少なくなる。

第4図は第2実施例を示す金属ホルダ付きモールドレンズの正面図(a)、(b)-(b)線に沿った断面図(b)である。この実施例では、金属ホルダと軟化したガラスとの密着面積を増大させるための凹凸として、金属ホルダ6の内周に3つの窪み22等を

間隔に形成している。窪み22の底面には段差が形成されている。そして、ガラス材が溝22内においてのみ金属ホルダ6に密着するようにしている。こうするには、例えば、金型によるプレスを行うに際して、金属ホルダ6の内周の溝22に相当する部分以外の部分にガラス材との離型性に優れたスペーサを配しておくことにより。

この構成によると、金属ホルダ6の線熱膨張係数とモールドレンズ14の係数とが異なる場合に、製造により発生した熱応力或いはその他の原因により発生した熱応力を金属ホルダ6の弾性変形等により緩和することができる。その結果、モールドレンズ14に不所望な歪みが生じにくくなり、良好な光学特性の維持が可能になる。金属ホルダ6の内周に凹凸が形成されていない場合でも、軟化したガラスが金属ホルダの内周を円周方向に略等分割した位置近傍の部分においてのみ金属ホルダに密着するようにすることによって、同様の効果を生じさせることができる。

第5図は第3実施例を示す金属ホルダ付きモー

ルドレンズの正面図(a)、(b)-(d)線に沿った断面図(b)である。この実施例では、直方体の1側面(図では上面)に窪み28が形成された形状の金属ホルダ26を用い、モールドレンズ14の外周の一部分に形成されたフランジ24が窪み28内にて金属ホルダ26と密着するようにしている。28aはガラス材との密着面積を増大させるために窪み28内に形成された突起である。

このような構造の金属ホルダ付きモールドレンズを製造する場合には、プレスに際して金型間のガラス材の側方に金属ホルダ26を配置しておくとともに、これまでの実施例等により説明した方法に準じて行うことができる。

この構成によると、金属ホルダ26の線熱膨張係数とガラスの係数とが大きく異なる場合でも、熱応力は主としてフランジ24の金属ホルダ26近傍の部分に生じるので、複屈折性等の悪影響が出る恐れがない。よって、この構造又は製造方法は、溶接性は良好であるが線熱膨張係数がガラスと大きく異なる材質を金属ホルダの材質として用

いる場合に適している。

第6図に第3実施例を適用してなる半導体レーザモジュールの断面構成を示す。このモジュールは、半導体レーザ30とその出射端から放射された光を集束させる第3実施例に係る第1レンズ14とを所定の位置関係で固定保持してLDアセンブリ32とし、第1レンズ14からの光を集束する第2レンズ34と集束された光が入射する光ファイバ36とを所定の位置関係で固定保持してファイバアセンブリ38とし、これらLDアセンブリ32及びファイバアセンブリ38を所定の位置関係で固定保持して構成されている。LDアセンブリ32において、40は金属キャリアであり、半導体レーザ30及び回路基板42は金属キャリア40上にAuSn接合材等を用いて接合されている。また、モールドレンズ14の金属ホルダ26は、光軸方向及び光軸に垂直な方向についてのアライメントを行った後、レーザ溶接により金属キャリア40上に固定される。そして、半導体レーザアセンブリ32は、温度安定化装置44等を

介して基板46上に固定されている。

この実施例では、比較的大口径な第2レンズ34には第1レンズに対する程の高精度な位置決め精度は要求されないから、この第2レンズをホルダ48の内孔に接合材により固定し、同じくこの内孔に、光ファイバ36が挿入固定されたフェルール50を挿入固定するようにしている。光ファイバ36の端面はフェルール50の端面とともに光ファイバの軸線に対して斜めに研磨されており、端面反射を防止している。

52は両アセンブリ間の相対的な位置関係を維持し且つLDアセンブリ32の気密封止を行うための筐体であり、この筐体52の下面には基板46が、側面にはホルダ38がそれぞれレーザ溶接にて固定されている。筐体52における光の透過部分には、半導体レーザ30からの光を一方向にのみ良好に透過させる光アイソレータ56がスペーサ54を介して設けられている。58は第1レンズ14と光アイソレータ56間に設けられた反射防止膜付気密窓である。

この構成によると、金属ホルダ26と金属キャリア40はレーザ溶接により固定されており、その他の経時劣化の恐れがある部分についてもレーザ溶接により固定を行っているので、光結合効率を長期にわたり安定に維持することができる。また、モールド成型による非球面レンズを第1レンズとして用いているので、モジュール組立て当初から高い結合効率を達成することができる。

この実施例のように高い光結合効率（例えば80%程度）が達成されると、光ファイバ36の端面を斜めに研磨していることによる光結合効率の低下を無視し得なくなる。そこで、このような場合には、端面が斜めに研磨された光ファイバ36への最大入射効率を与える入射角を考慮して、第7図に示すように、第1及び第2レンズ14、34の光軸OAに対して光ファイバ36が斜めになるようにする。即ち、光ファイバ36への入射光軸が上記光軸OAと一致するようにする。光ファイバ36と上記光軸OAとがなす角 θ_2 はファイバ端面の傾斜角度 θ_1 に応じて決定される。例え

ば、 $\theta_1 = 6^\circ$ の場合には、 $\theta_2 = 3^\circ$ とすることによって、 $\theta_2 = 0^\circ$ のときと比較して光結合効率を0.4dB程度改善することができる。このように光ファイバ36を斜めに配置するためには、例えば、フェルール50が挿入固定されるホルダ48の内孔の一部を斜めに形成すればよい。

発明の効果

以上説明したように、本発明によれば、高い光結合効率を得ることができ、且つ、光結合効率を長期間安定に維持することができる光半導体モジュールの提供が可能になるという効果を奏する。また、この種の光半導体モジュールに適した金属ホルダ付きモールドレンズ及びその製造方法の提供が可能になるという効果を奏する。

本発明によると、レンズ光軸が金属ホルダの外形に対して高い精度で位置確定された金属ホルダ付きモールドレンズを低コストで大量に提供することができるようになるから、加入者向けへの低コストなモジュールの量産に寄与するところが大

きい。

4. 図面の簡単な説明

第1図は発明の原理説明図、

第2図は第1実施例を示す金属ホルダ付きモールドレンズの正面図(a)及び(b)-(b)線に沿った断面図(b)、

第3図は第1実施例の変形例を示す金属ホルダ付きモールドレンズの断面図、

第4図は第2実施例を示す金属ホルダ付きモールドレンズの正面図(a)及び(b)-(b)線に沿った断面図(b)、

第5図は第3実施例を示す金属ホルダ付きモールドレンズの正面図(a)及び(b)-(b)線に沿った断面図(b)、

第6図は第3実施例を適用してなる半導体レーザモジュールの断面図、

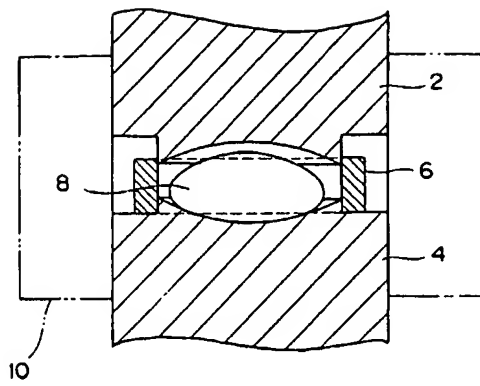
第7図は半導体レーザモジュールの変形例の説明図である。

2. 4…金型、

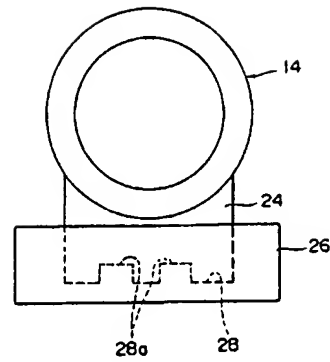
6. 26…金属ホルダ。

出願人： 富士通株式会社

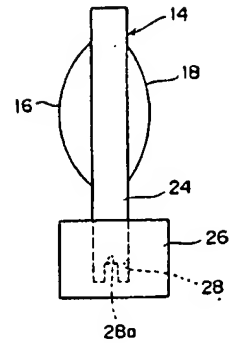
代理人： 弁理士 松本 昂



2, 4 : 金型
6 : 金属ホルダ



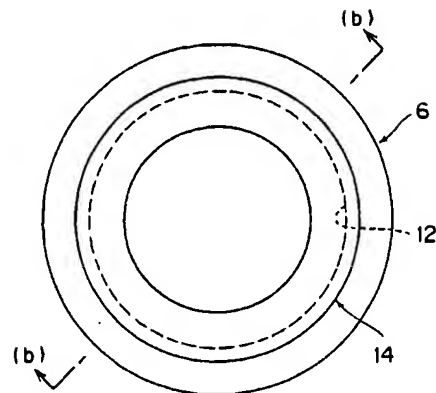
(a)



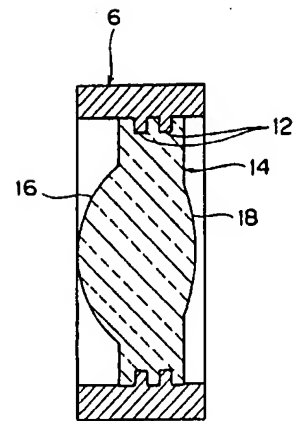
(b)

第3実施例を示す図
第 5 図

発明の原理説明図
第 1 図

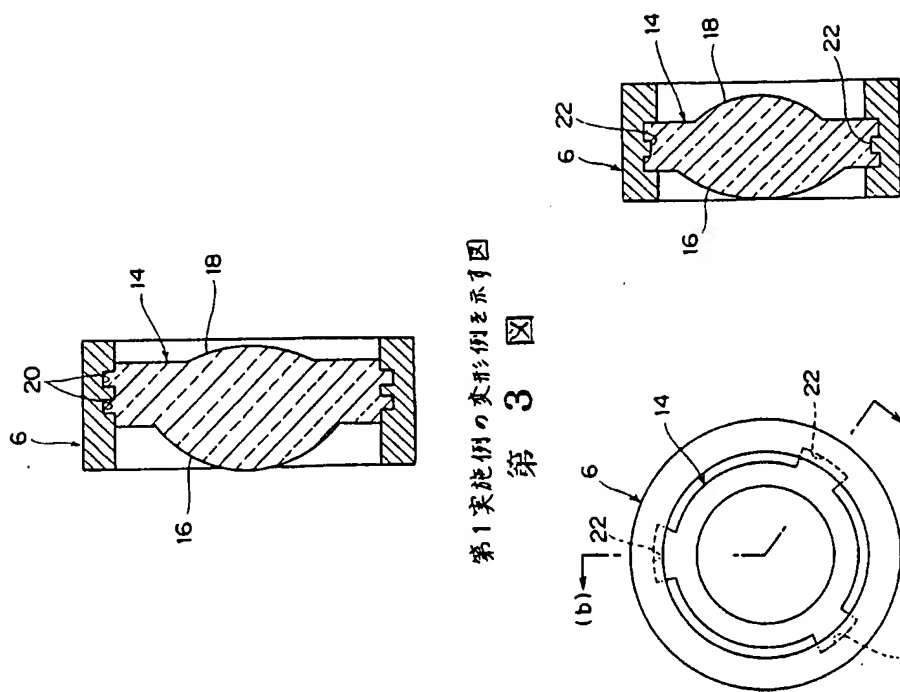


(a)



(b)

第1実施例を示す図
第 2 図



第1実施例の変形例を示す図

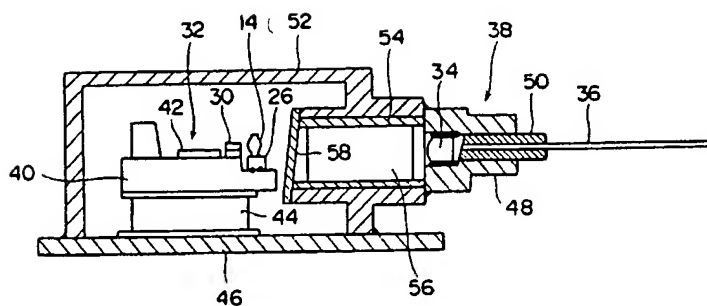
第3図

(b)

第2実施例を示す図

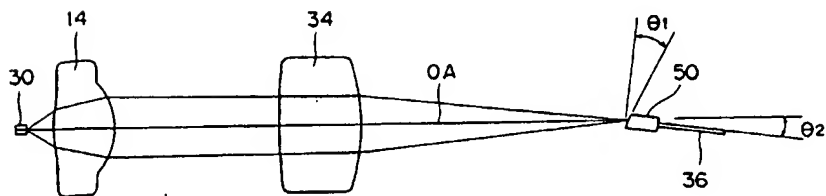
第4図

(a)



半導体レーザーモジュールの断面図

第6図



半導体レーザーモジュールの変形例の説明図

第7図